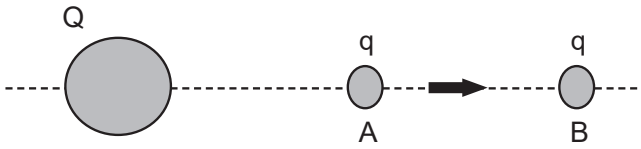
Aulas 5 e 6

POTENCIAL ELÉTRICO

Energia Potencial

Considere o seguinte problema: Calcular o trabalho realizado pela força elétrica de uma carga fixa Q sobre uma carga livre **q** que se desloca do ponto A para o ponto B. Considere, por simplificação que são cargas de mesmos sinais e pontuais (fig.).



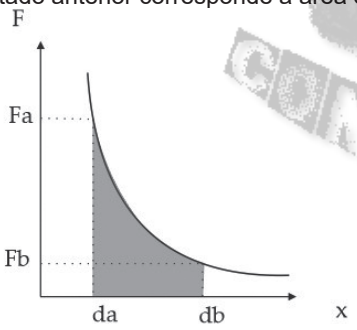
Ora, sabemos que a força elétrica é variável de ponto a ponto $F = \frac{KQq}{x^2}$. Assim, podemos calcular o trabalho da força elétrica com o auxílio de cálculo integral. Caso não esteja familiarizado com esse assunto, não se preocupe com os detalhes algébricos, mas esteja atento ao **significado físico das quantidades em destaque**.

$$\tau = \int_a^b F \times dx$$

$$\tau = \int_a^b \frac{KQq}{x^2} \times dx \quad \tau = KQq \int_a^b \frac{1}{x^2} \times dx \quad \tau = KQq \left(-\frac{1}{x} \right)_a^b$$

$$\boxed{\tau = \frac{KQq}{d_a} - \frac{KQq}{d_b}}$$

O resultado anterior corresponde à área da figura a seguir:



A energia potencial elétrica entre cargas pontuais corresponde ao termo:

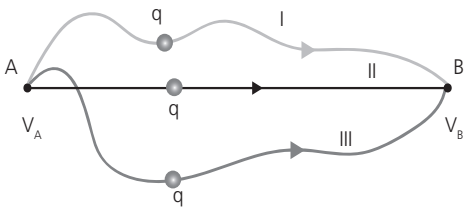
$$\boxed{E_p = \frac{KQq}{d^2}}$$

Ou seja, o trabalho da força elétrica pode ser escrito como:

$$\boxed{\tau = (E_p)_i - (E_p)_f}$$

Essa propriedade de poder calcular o trabalho apenas tendo como referência os pontos inicial e final é característica de forças conservativas. Assim, dizemos que a Força Elétrica é conservativa.

Isso nos garante que, independente da trajetória seguida pela carga, o trabalho da força elétrica sempre será o mesmo **para pontos** de "saída" e "chegada" idênticos (fig.).



Pelo fato de ser uma força conservativa, pode-se demonstrar facilmente que:

$$(E_m)_i = (E_m)_f$$

Onde E_m corresponde a energia mecânica. $E_m = E_c + E_p$.

Potencial Elétrico

O potencial elétrico é uma forma de estudar o campo elétrico utilizando grandezas escalares. Segue a definição:

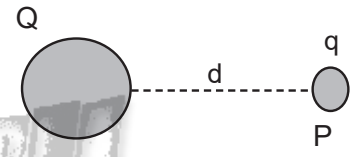
$$\boxed{V = \frac{E_p}{q}}$$

No SI, temos J/C=V(volt).

Assim, podemos dizer que o potencial elétrico (V) é a medida associada ao nível de energia potencial (E_p) de um ponto de um campo elétrico.

Potencial Elétrico gerado por uma carga pontual

Considere a situação a seguir em que queremos saber qual o valor do potencial elétrico criado por uma carga geradora Q a uma distância **d** (no ponto P).



Sabemos que: $V = \frac{E_p}{q}$

Mas $E_p = \frac{KQq}{d}$

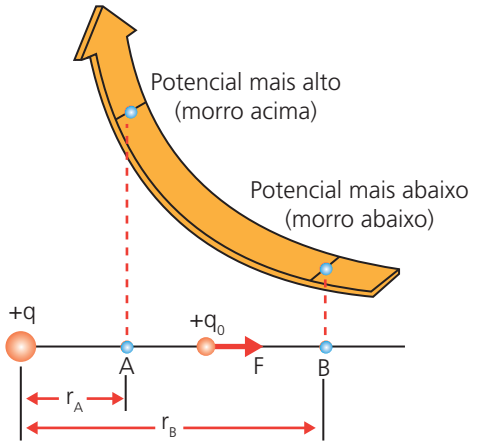
Assim: $V = \frac{\frac{KQq}{d}}{q}$

$$\boxed{V = \frac{KQ}{d}}$$

Nota: Uma maneira particularmente útil de calcular o trabalho da força elétrica é observarmos que $E_p = qV$. Assim:

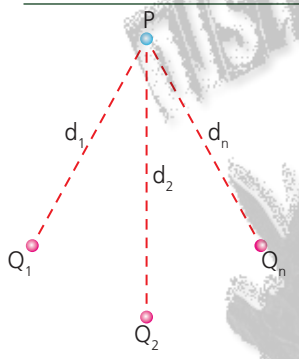
$$\tau = (E_p)_i - (E_p)_f$$
$$\tau = q(V_i - V_f)$$
$$\boxed{\tau = qU}$$

Onde U corresponde à diferença de potencial entre os pontos inicial e final.



A carga e teste positiva $+q_0$ experimenta uma força repulsiva F provocada pela carga pontual positiva +1. Como resultado, esta força realiza trabalho quando a carga de teste se move de A para B. Consequentemente, o potencial elétrico é mais elevado (está morro acima) em A e mais baixo (está morro abaixo) em B.

Potencial resultante em um ponto do espaço

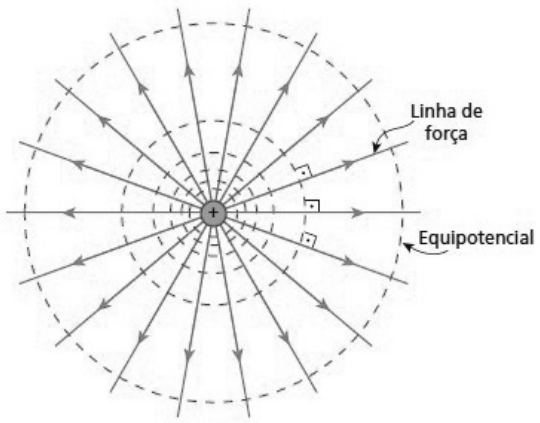


O potencial elétrico em O, devido a várias cargas, é a soma algébrica dos potenciais parciais.

$$V = V_1 + V_2 + \cdots V_n$$

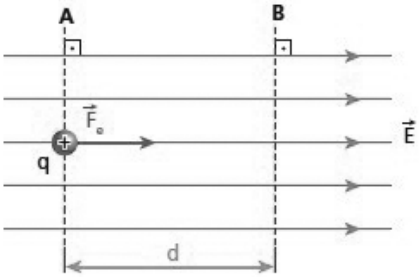
Equipotenciais

São linhas (no plano) ou superfícies (no espaço) em que o potencial é constante.



Nota: Observe que, ao longo da linha de força, o potencial **diminui**.

Diferença de potencial entre dois pontos em um campo Elétrico Uniforme



Temos: $\tau = F \cdot d$

Mas: $\tau = q \cdot U$

E: $F = q \cdot E$

Assim: $q \times U = q \times E \times D$

$$\boxed{U = E \times d}$$

Propriedades do potencial elétrico

i. Cargas elétricas positivas, abandonadas em repouso num campo elétrico e sujeitas.

ii. Cargas elétricas negativas, abandonadas em repouso num campo elétrico e sujeitas apenas à força elétrica, deslocam-se, espontaneamente, para pontos de maior potencial.

iii. Percorrendo-se uma linha de força no seu sentido, o potencial elétrico ao longo de seus pontos diminui.

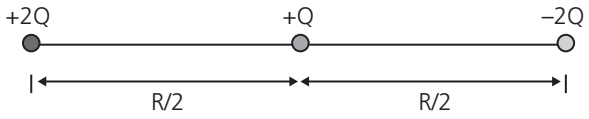
Exercícios

01. Um sistema A é formado por cargas elétricas positivas e negativas situadas em posições fixas. A energia eletrostática total do sistema é 54 μJ. Seja um outro sistema B similar ao sistema A, exceto por duas diferenças: as cargas em B têm o dobro do valor das cargas em A; as distâncias entre as cargas em B são o triplo das distâncias em A.

Calcule em μJ a energia eletrostática do sistema B.
A) 18
B) 54
C) 72
D) 108
E) 162

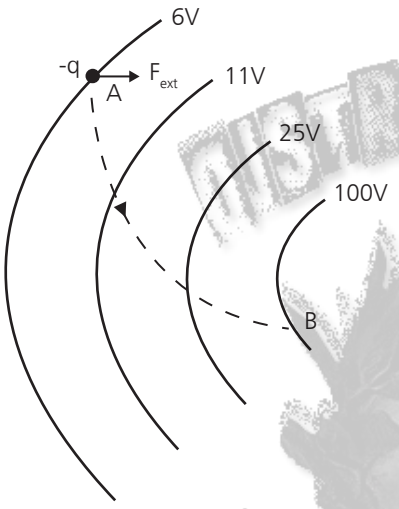
02. (Uece) Considere a energia potencial elétrica armazenada em dois sistemas compostos por: (i) duas cargas elétricas de mesmo sinal; (ii) duas cargas de sinais opostos. A energia potencial no primeiro e no segundo sistema, respectivamente,
A) aumenta com a distância crescente entre as cargas e diminui com a redução da separação.
B) diminui com a distância decrescente entre as cargas e não depende da separação.
C) aumenta com a distância crescente entre as cargas e não depende da separação.
D) diminui com o aumento da distância entre as cargas e aumenta se a separação decresce.

03. Considere que U é a energia potencial elétrica de duas partículas com cargas +2Q e –2Q fixas a uma distância R uma da outra. Uma nova partícula de carga +Q é agregada a este sistema entre as duas partículas iniciais, conforme representado na figura a seguir.



A energia potencial elétrica desta nova configuração do sistema é
A) zero.
B) U/4.
C) U/2.
D) U.
E) 3U.

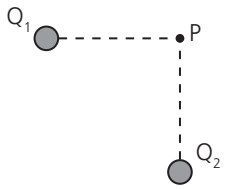
04. (Esc. Naval). Analise a figura abaixo.



Na figura anterior, a linha pontilhada mostra a trajetória de uma partícula de carga –q = –3,0 C que percorre 6,0 metros, ao se deslocar do ponto A, onde estava em repouso, até o ponto B, onde foi conduzida novamente ao repouso. Nessa região do espaço, há um campo elétrico conservativo, cujas superfícies equipotenciais estão representadas na figura. Sabe-se que, ao longo desse deslocamento da partícula, atuam somente duas forças sobre ela, onde uma delas é a força externa $F_{ext.}$ Sendo assim, qual o trabalho, em quilojoules, realizado pela força $F_{ext.}$ no deslocamento da partícula do ponto A até o ponto B?
A) –0,28
B) 0,28
C) –0,56
D) +0,56
E) –0,85

05. (Mackenzie) A intensidade do campo elétrico $(\vec{E})$ e do potencial elétrico (V) em um ponto P gerado pela carga puntiforme Q são, respectivamente, $50\frac{N}{C}$ e 100 V. A distância **d** que a carga puntiforme se encontra do ponto P, imersa no ar, é
A) 1,0 m
B) 2,0 m
C) 3,0 m
D) 4,0 m
E) 5,0 m

06. (Eear) São dadas duas cargas, conforme a figura:

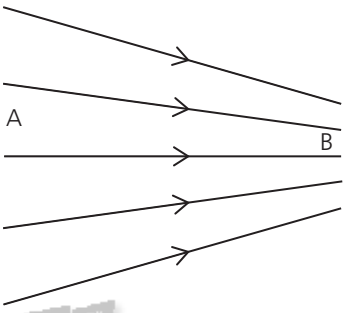


Considerando E_1 o módulo do campo elétrico devido à carga Q_1, E_2 o módulo do campo elétrico devido à carga Q_2, V_1 o potencial elétrico devido à carga Q_1 e V_2 o potencial elétrico devido à carga Q_2. Considere E_p o campo elétrico e V_p o potencial resultantes no ponto P.

Julgue as expressões abaixo como verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**).
( ) $E_p = E_1 + E_2$
( ) $V_p = V_1 + V_2$
( ) $\vec{E_p} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$
( ) $\vec{V_p} = \vec{V_1} + \vec{V_2}$

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.
A) V – V – F – F
B) V – F – F – V
C) F – F – V – V
D) F – V – V – F

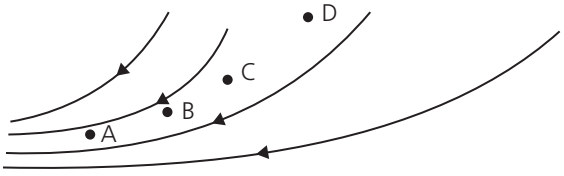
07. A tecnologia dos aparelhos eletroeletrônicos está baseada nos fenômenos de interação das partículas carregadas com campos elétricos e magnéticos. A figura representa as linhas de campo de um campo elétrico.



Assim, analise as afirmativas:
I. O campo é mais intenso na região A;
II. O potencial elétrico é maior na região B;
III. Uma partícula com carga negativa pode ser a fonte desse campo.

Está(ão) correta(s)
A) apenas I.
B) apenas II.
C) apenas III.
D) apenas II e III.
E) I, II e III.

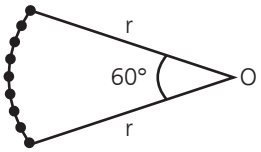
08. Na figura a seguir, são representadas as linhas de força em uma região de um campo elétrico. A partir dos pontos A, B, C, e D situados nesse campo, são feitas as seguintes afirmações:



I. A intensidade do vetor campo elétrico no ponto B é maior que no ponto C;
II. O potencial elétrico no ponto D é menor que no ponto C;
III. Uma partícula carregada negativamente, abandonada no ponto B, se movimenta espontaneamente para regiões de menor potencial elétrico;
IV. A energia potencial elétrica de uma partícula positiva diminui quando se movimenta de B para A.

É correto o que se afirma apenas em
A) I.
B) I e IV.
C) II e III.
D) II e IV.
E) I, II e III.

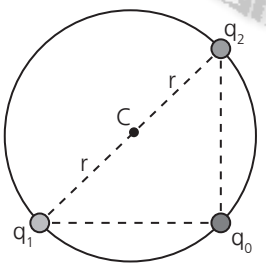
09. "n" prótons, cada um de carga **q**, foram distribuídos aleatoriamente ao longo de um arco de círculo de 60º e raio **r**, conforme ilustra a figura.



Considerando $k = \frac{1}{(4\pi\varepsilon_0)}$ e o potencial de referência no infinito igual a zero, assinale a alternativa que contém o valor do potencial elétrico no ponto o devido a esses prótons.

A) $\frac{kq^n}{r}$
B) $\frac{knq}{r}\cos 60°$
C) $\frac{knq}{r}$
D) $\frac{2knq}{r}\cos 30°$

10. Três esferas puntiformes, eletrizadas com cargas elétricas $q_1 = q_2 = +Q$ e $q_3 = -2Q$, estão fixas e dispostas sobre uma circunferência de raio **r** e centro C em uma região onde a constante eletrostática é igual a K_0, conforme representado na figura.



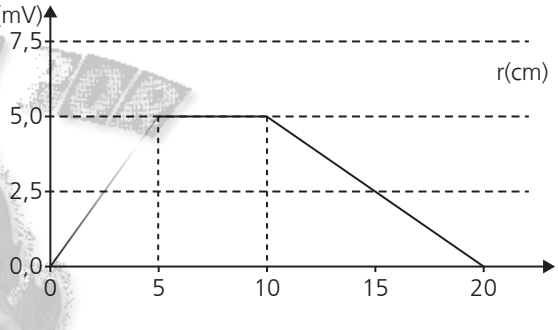
Considere V_c o potencial eletrostático e E_c o módulo do campo elétrico no ponto C devido às três cargas. Os valores de V_c e E_c são, respectivamente,

A) zero e $\frac{4\pi k_0 Q}{r^2}$
B) $\frac{4\pi k_0 Q}{r}$ e $\frac{k_0 Q}{r^2}$
C) zero e zero
D) $\frac{2\pi k_0 Q}{r}$ e $\frac{2\pi k_0 Q}{r^2}$
E) zero e $\frac{2\pi k_0 Q}{r^2}$

11. Analise as seguintes afirmativas, relacionadas aos conceitos e aos fenômenos estudados em Eletrostática.
I. O potencial elétrico aumenta, ao longo de uma linha de força e no sentido dela;
II. Uma partícula eletrizada gera um campo elétrico na região do espaço que a circunda. Porém, no ponto onde ela foi colocada, o vetor campo elétrico, devido à própria partícula, é nulo;
III. Uma partícula eletrizada com carga positiva quando abandonada sob a ação exclusiva de um campo elétrico, movimenta-se no sentido da linha de força, dirigindo-se para pontos de menor potencial;
IV. A diferença de potencial elétrico (ddp) entre dois pontos quaisquer de um condutor em equilíbrio eletrostático é sempre diferente de zero.

Estão corretas apenas as afirmativas
A) I e III.
B) II e IV.
C) II e III.
D) I e IV.

12.



Verificou-se que, numa dada região, o potencial elétrico V segue o comportamento descrito pelo gráfico $V \times r$ acima.
(Considere que a carga elétrica do elétron é $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)

Baseado nesse gráfico, considere as seguintes afirmativas:
1. A força elétrica que age sobre uma carga q = 4 μC colocada na posição vale;
2. O campo elétrico, para r = 2,5 cm, possui módulo E = 0,1 N/C;
3. Entre 10 cm e 20 cm o campo elétrico é uniforme;
4. Ao se transferir um elétron de r = 10 cm para r = 20 cm, a energia potencial elétrica aumenta de $8{,}0 \cdot 10^{-22}$ J.

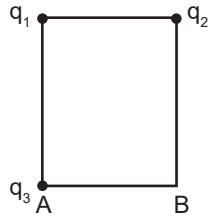
Assinale a alternativa correta.
A) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
B) Somente as afirmativas 2 e 4 são verdadeiras.
C) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
D) Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
E) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

13. (EsPCex)Um campo elétrico é gerado por uma partícula de carga puntiforme $Q = 5 \cdot 10^{-6}$ C no vácuo. O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar a carga de prova $q = 2 \cdot 10^{-8}$ C do ponto X para o ponto Y, que estão a 0,20 m e 1,50 m da carga Q, respectivamente, conforme o desenho a seguir é:

Dado: Constante eletrostática do vácuo $K_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm²/C².

A) $4{,}3 \cdot 10^{-3}$ J
B) $5{,}4 \cdot 10^{-3}$ J
C) $6{,}3 \cdot 10^{-3}$ J
D) $6{,}0 \cdot 10^{-3}$ J
E) $3{,}9 \cdot 10^{-3}$ J

14. Três partículas com cargas elétricas q_1, q_2 e q_3 estão fixadas nos vértices de um retângulo de lados 3 m e 4 m, conforme a figura a seguir.



O trabalho que deve ser realizado por um agente externo para tirar a carga q_3 do vértice A e colocar no vértice B é

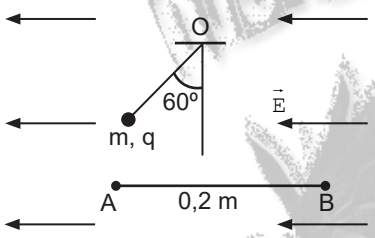
A) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}(q_2\,q_1 + q_1\,q_3 + q_2\,q_3)$

B) $\frac{q_3}{8\pi\varepsilon_0}(q_2 - q_1)$

C) $\frac{q_3}{8\pi\varepsilon_0}(q_2 + q_1)$

D) $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}(q_2 - q_1)(q_3 - q_2)(q_3 - q_1)$

15. (Efomm) Observe a figura a seguir.

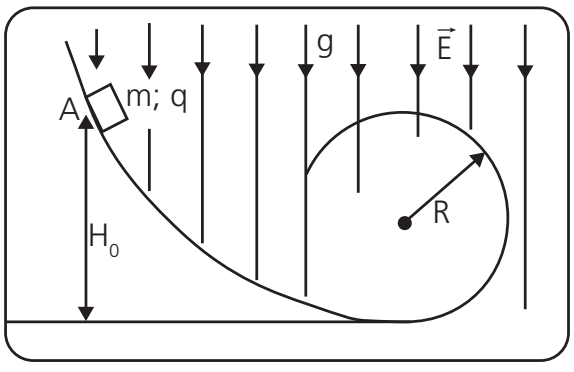


Uma pequena esfera está presa à extremidade de um fio flexível e isolante, cuja outra extremidade está fixa no ponto O, conforme indica a figura acima. Essa esfera de massa m = $3{,}0 \cdot 10^{-6}$ kg e carga elétrica q = $1{,}2 \cdot 10^{-6}$ C, está em equilíbrio estático no interior de um campo elétrico uniforme E. A ddp, em volts, entre os pontos A e B, que distam 0,20 m, é

Dado: tg 60° = 1,7; g = 10 m/s².

A) 7,5
B) 8,5
C) 9,5
D) 10,5
E) 11,5

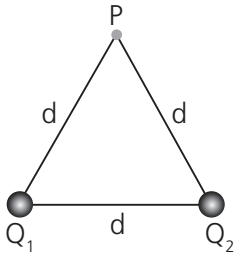
16 No sistema mecânico mostrado, o bloco na posição A tem massa **m** e carga elétrica +q.



Sabendo que o campo elétrico E é uniforme, calcule a mínima altura H_0 da qual se deve abandonar o bloco para que o mesmo possa dar uma volta completa sobre o piso de raio de curvatura R. A superfície por onde desliza o bloco é perfeitamente lisa e não condutora de carga elétrica. Considere o campo gravitacional **g**.

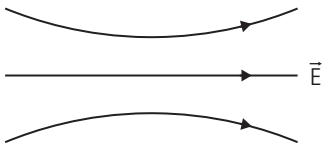
A) (2/5) R
B) (1/2) R
C) 2 R
D) (5/2) R

17. A figura mostra duas cargas elétricas puntiformes $Q_1 = +10^{-6}$C e $Q_2 = -10^{-6}$C localizadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado d = 0,3 m. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é $k_0 = 9 \cdot 10^9$ N · m² · C⁻². O potencial elétrico e a intensidade do campo elétrico no ponto P são, respectivamente:

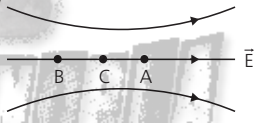


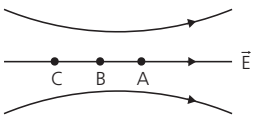
A) oV; 10^5V/m
B) $3\cdot10^4$V; $\sqrt{3}\cdot10^5$V/m
C) $6 \cdot 10^4$V; $2 \cdot 10^5$V/m
D) oV; $\sqrt{3}\cdot10^5$V/m

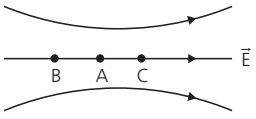
18. (AFA) A figura a seguir representa as linhas de força de um determinado campo elétrico.

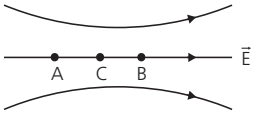


Sendo V_a, V_b, e V_c os potenciais eletrostáticos em três pontos A,B e C, respectivamente, com $0 < V_a - V_c < V_b - V_c$, pode-se afirmar que a posição desses pontos é melhor representada na alternativa

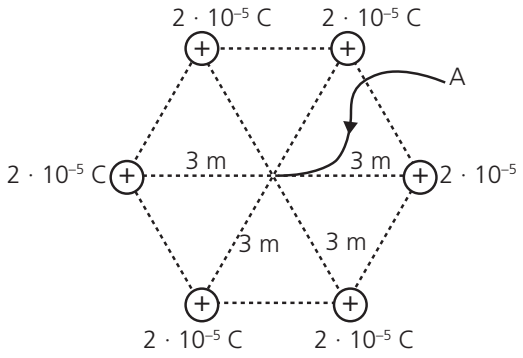
A)


B)


C)


D)


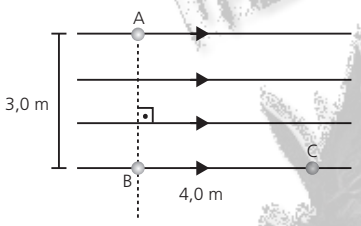
19. Em um hexágono regular cujo lado mede 3,0 m, fixam-se seis cargas em seus vértices, cada uma sendo de + 2 · 10^{-5} C, determine qual o trabalho realizado sobre uma carga de –10^{-3} C para movê-la desde o infinito até o centro do hexágono.



Obs: Na figura cada carga tem valor de 2 · 10^{-5} C

A) 120 J
B) 250 J
C) 360 J
D) 540 J

20. Considere um campo elétrico uniforme E, cujas linhas de força estão representadas na figura. Sendo o potencial elétrico do ponto B igual a zero e E = 10V/m, podemos concluir que os potenciais elétricos de A e C são, respectivamente, iguais a

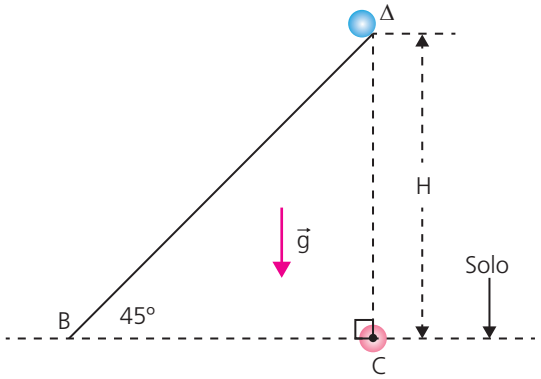


A) V_A = 0 e V_c = – 50 V
B) V_A = – 30 V e V_c = – 40 V
C) V_A = 30 V e V_c = 40 V
D) V_A = 0 e V_c = –40 V
E) V_A = 0 e V_c = 50 V

21. (AFA-SP) Em uma região de campo elétrico uniforme, de intensidade 2 · 10^3 N/C, a diferença de potencial, em volts, entre dois pontos, situados sobre uma linha de força do campo elétrico e separados por uma distância de 50 cm, é

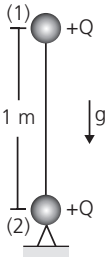
A) 10^3
B) 10^5
C) 4×10^3
D) $2{,}5 \times 10^{-4}$

22. Uma partícula P1 eletrizada com carga positiva Q está fixa em um ponto C. Outra partícula P2 de massa m e eletrizada com carga negativa **q** parte do repouso de um ponto A, a uma altura H acima do solo, e desliza em um plano inclinado de 45°, em relação à horizontal, fixo no solo:



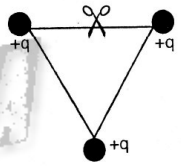
A aceleração da gravidade local é constante e tem módulo igual a **g**. Despreze as forças de atrito e a resistência do ar. A partícula P2 atinge o solo, no ponto B, com uma energia cinética:
A) que depende dos valores de Q e **q**.
B) igual a m g H.
C) que não depende do valor de **m**.
D) igual a m g H + $K\frac{Qq}{H}$, em que K é a constante eletrostática.
E) igual a m g H – $K\frac{Qq}{H}$, em que K é a constante eletrostática do ar.

23. Temos na figura um sistema que se encontra em equilíbrio enquanto o módulo da força tensora no fio isolante vale 8 N. Determine quanto a esfera presa ao fio irá ascender ($H_{máx}$) logo que se corta o fio, sabendo que a mesma tem massa de 200 g. **Dado:** Use g = 10 m/s².



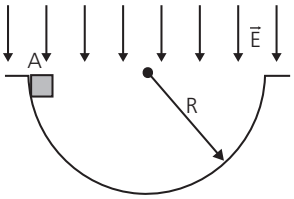
A) 2 m
B) 3 m
C) 4 m
D) 5 m

24. Três pequenas esferas idênticas de mesma carga +q e massa **m** estão apoiadas sobre um plano horizontal liso, conectadas entre si através de fios de Nylon, formando um triângulo equilátero de lado L. Em seguida, corta-se um dos fios. Determine a máxima velocidade **v** atingida pela carga elétrica do vértice ao fio que foi cortado, sabendo-se que a constante eletrostática do meio vale **k**



A) $\sqrt{\frac{kq^2}{3mL}}$
B) $\sqrt{\frac{2kq^2}{3mL}}$
C) $\sqrt{\frac{4kq^2}{3mL}}$
D) $\sqrt{\frac{5kq^2}{3mL}}$

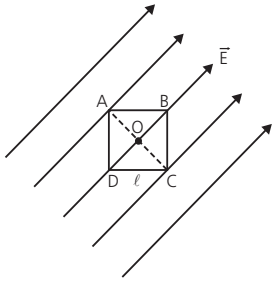
25. Da posição A, mostrada na figura, abandona-se um bloco de 1,0 kg de massa e 2 C de carga, do qual se move sobre uma superfície cilíndrica, lisa e não condutora, de raio de curvatura R = 1,0 m.



Sabendo que o campo elétrico apresentado é uniforme e tem intensidade E = 10 N/C, calcule a força de reação que a superfície exerce no bloco no ponto mais baixo da trajetória. Use g = 10 m/s².

A) 25 N
B) 50 N
C) 67 N
D) 90 N

26. (AFA-Adaptada) A figura a seguir ilustra um campo elétrico uniforme, de módulo E, que atua na direção da diagonal BD de um quadrado de lado ℓ.

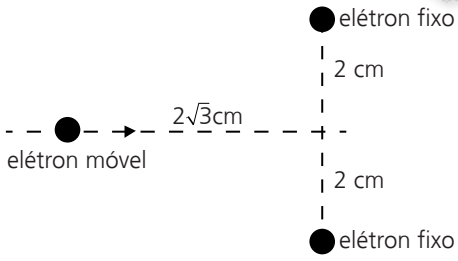


Se o potencial elétrico é nulo no vértice D, pode-se afirmar que a ddp entre o vértice A e o ponto B, intersecção das diagonais do quadrado, é

A) Nula
B) $\ell\frac{\sqrt{2}}{2}E$
C) $\ell\sqrt{2}E$
D) ℓE

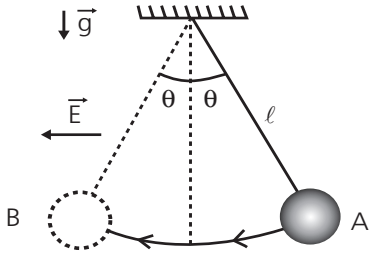
27. Um canhão de elétrons lança um elétron em direção a outros dois elétrons fixos no vácuo, como mostra a figura. Considere que o elétron lançado se encontra apenas sob a ação das forças elétricas dos elétrons fixos. Sabendo que o elétron lançado atinge velocidade nula exatamente no ponto médio entre os elétrons fixos, qual a velocidade do elétron quando ele se encontra a $2\sqrt{3}$ cm deste ponto (ver figura)?

Considere: constante eletrostática no vácuo = $9 \cdot 10^9$ m² N² C^{-2}; massa do elétron = $9 \cdot 10^{-31}$ kg; carga do elétron = $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.



A) 160 m/s
B) 250 m/s
C) 360 m/s
D) 640 m/s
E) 810 m/s

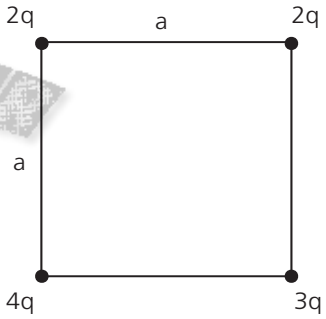
28. (AFA) Uma esfera de massa **m**, eletrizada positivamente com carga **q**, está fixada na extremidade de um fio ideal e isolante de comprimento ℓ. O pêndulo, assim constituído, está imerso em uma região onde, além do campo gravitacional $\vec{g}$ atua um campo elétrico $\vec{E}$. Este pêndulo é abandonado do ponto A e faz um ângulo θ com a vertical conforme mostra a figura.



Desprezando-se quaisquer resistências, ao passar pelo ponto B, simétrico de A em relação a vertical, sua energia cinética vale:

A) $2qE\ell \operatorname{sen}\theta$
B) $\ell(mg + qE \operatorname{sen}\theta)$
C) $2\ell(mg \cos\theta + qE\operatorname{sen}\theta)$
D) $qE\ell \cos\theta$

29. Nos vértices de um quadrado de lado a são fixadas cargas positivas 2q, 2q, 3q e 4q (fig.).



Analise as afirmativas a seguir:

I. O módulo do campo elétrico criado no centro do quadrado vale: $E = \frac{Kq}{a^2} \times 2\sqrt{5}$;

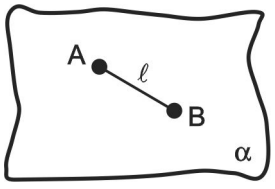
II. O potencial elétrico criado no centro do quadrado vale: $V = 22\frac{Kq}{a\sqrt{2}}$;

III. O trabalho necessário que um operador deve fazer para levar uma carga Q do infinito para o centro do quadrado vale: $t = 11\frac{kQq}{a\sqrt{2}}$.

Está(ão) incorreta(s):

A) Apenas I.
B) Apenas II.
C) Apenas III.
D) I e II.
E) I, II e III.

30. Duas partículas eletrizadas A e B, localizadas em um plano isolante e horizontal α, estão em repouso e interligadas por fio ideal, também isolantes de comprimento ℓ igual a 3 cm, conforme ilustrado na figura a seguir.



A partícula A está fixa e B pode mover-se, sem quaisquer resistências sobre o plano. Quando B, que tem massa igual a 20 g, está em repouso, verifica-se que a força tensora no fio vale 9 N. Imprime-se certa velocidade na partícula que passa a descrever um movimento circular uniforme em torno de A, de tal forma que a força tensora no fio altera-se para 15 N. Desprezando as ações gravitacionais, enquanto a tensão no fio permanecer igual a 15 N, pode-se afirmar que a energia do sistema, constituído das partículas A e B será, em J, de

A) 0,09
B) 0,18
C) 0,27
D) 0,36

Gabarito

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	D	D	A	B	D	C	B	C	E
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
D	D	E	B	B	D	D	C	C	D
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
A	B	D	B	D	B	A	A	C	D

Resolução

01. Para cada par de partículas, a energia potencial elétrica será da forma:

$$E = \frac{K q_1 q_2}{d}$$

Para a mudança citada no enunciado, teremos

$$q_1' = 2\,q_1;\ q_2' = 2\,q_2 \text{ e } d' = 3\,d$$

Assim, a nova energia será:

$$E' = \frac{K\,q'_1\,q'_2}{d'} \therefore E' = \frac{K\,(2\,q_1)\cdot(2\,q_2)}{3d}$$

$$E' = \frac{4}{3}\ \frac{K\,q_1\,q_2}{d'} \therefore E' = \frac{4}{3}\,E$$

Assim, para cada interação a energia aumentará pelo fator de 4/3 e ele irá ocorrer para o sistema como um todo. Portanto, a nova energia será (4/3) 54 = 72 μJ

Resposta: C

02. A energia potencial é calculada por:

$$E = \frac{K q_1 q_2}{d}$$

Daí, nas duas situações o numerador resultará em um número positivo. Assim, na medida em que aumentarmos a distância, a energia diminuirá.

Resposta: D

03. Antes

$$U = \frac{K\,(2Q)\,(-2Q)}{R} = -\frac{4\,KQ^2}{R}$$

Depois

$$U' = \frac{K\,(2Q)\,(-2Q)}{R} + \frac{K\,(2Q)Q}{\frac{R}{2}} + \frac{K\,(-2Q)Q}{\frac{R}{2}}$$

$$U' = -\frac{4\,KQ^2}{R} \therefore U' = U$$

Resposta: D

04. Utilizando o Teorema da energia cinética, temos:

$$W_{Fe} + W_{EXT} = \Delta E_C \overset{0}{\nearrow} \therefore\ q\,U + W_{EXT} = 0$$

$$W_{EXT} = -q\,U \therefore W_{EXT} = -(-3)\cdot(6-100)$$

$$W_{EXT} = -0,282\ \text{kJ}$$

Resposta: A

05.

$$E = \frac{K\,Q}{d^2} \therefore E\cdot d = \frac{K\,Q}{d^2} \therefore E\cdot d = v \therefore 50\,d = 100$$

$$d = 2\ \text{m}$$

Resposta: B

06. O potencial elétrico é uma função escalar e o campo elétrico é vetorial, portanto apenas os itens B e C estão corretos.

Resposta: D

07.

I. **Falso**, pois a densidade de linhas de campo é menor.
II. **Falso**, pois no sentido das linhas de campo o potencial diminui.
III. **Verdadeiro**. Se for colocada em uma região próxima de B, teremos uma fonte negativa em que as linhas se aproximam.

Resposta: C

08.

I. **Verdadeiro.** Em B a densidade de linhas é maior que em C.
II. **Falso.** O potencial é maior.
III. **Falso**. Partículas negativas se movem para maiores potenciais de modo espontâneo.
IV. **Verdadeiro.** Pode ser verificado na expressão E = qV.

Resposta: B

09. Para cada carga, temos:

$$V = \frac{K\,q}{r}$$

Para n cargas:

$$Vr = \underbrace{\frac{K\,q}{r} + \frac{K\,q}{r} + \ldots + \frac{K\,q}{r}}_{\text{n termos}}$$

$$Vr = \frac{K\,n\,q}{r}$$

Resposta: C

10. Para Vc

$$Vc = \frac{K_o Q}{r} + \frac{K_o Q}{r} + \frac{K_o (-2Q)}{r}$$

$Vc = 0$:

Para Ec

Os campos das cargas diametralmente opostas se cancelam, sobra apenas o da carga qo. Logo:

$$Ec = \frac{K_o\ 2\ Q}{r^2} \therefore Ec = 2\ \frac{K_o\ Q}{r^2}$$

Resposta: E

11.

I. **Falso,** ocorre a redução.
II. **Verdadeiro.** Caso contrário ela exerceria força sobre si.
III. **Verdadeiro**. Nesse sentido ocorre a redução da energia potencial elétrica.
IV. **Falso.** Um condutor em equilíbrio deve manter o potencial constante em sua estrutura.

Resposta: D

12.

1. A força é nula
2. $U = E\ d \therefore 2{,}5 \cdot 10^{-3} = E \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}$
   $e = 0{,}1\ N/C$
3. Verdadeiro
4. $\tau = q\ U \therefore \tau = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}$
   $\tau = 8 \cdot 10^{-22}\ J$

Resposta: D

13.

$$\tau = q\ U_x q$$
$$\tau = q\ (V_x - V_q)$$
$$\tau = q\left(\frac{KQ}{x} - \frac{KQ}{q}\right)$$
$$\tau = KQq\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{q}\right)$$
$$\tau = 9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-8}\left(\frac{1}{0{,}2} - \frac{1}{1{,}5}\right)$$
$$\tau = 3{,}9 \cdot 10^{-3} J$$

Resposta: E

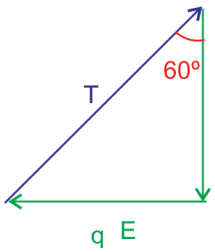
14.

$\tau_{EXT} + \tau_{FE} = \Delta E_C$ ($= 0$) considerando que é o trabalho mínimo

$$\tau_{EXT} + q_3(V_A - V_B) = 0$$
$$\tau_{EXT} = q_3(V_B - V_A)$$
$$\tau_{EXT} = q_3\left[\frac{K q_2}{4} + \frac{K q_1}{5} - \frac{K q_2}{5} - \frac{K q_1}{4}\right]$$
$$\tau_{EXT} = \frac{K q_3}{20}[q_2 - q_1]$$
$$\tau_{EXT} = \frac{q_3}{80\pi\varepsilon_o}[q_2 - q_1]$$

Resposta: B

15.



$$tg\ 60° = \frac{q\ E}{mg} \therefore 1{,}7 = \frac{12 \cdot 10^{-6} E}{3 \cdot 10^{-6} \cdot 10}$$
$$\frac{1{,}7}{0{,}4} = E$$
$$U = E\ d \therefore U = \frac{170}{4} \cdot \frac{2}{10}$$
$$U = 8{,}5\ V$$

Resposta: B

16. Conservação de energia

$$m\ g\ (H_o - R) + q\ E\ (H_o - R) = \frac{m\ v^2}{2}$$
$$2\left[m\ g\ (H_o - 2R) + q\ E\ (H_o - 2\ R)\right] = m\ v^2 \quad (I)$$

No ponto mais alto:

$$m\frac{v^2}{R} = m\ g + q\ E + \cancel{N}^{\,0} \quad (II)$$

De (II) em (I):

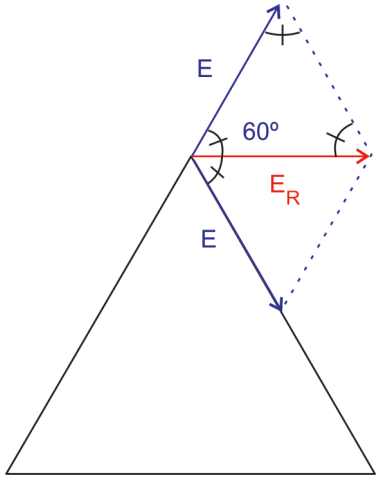
$$\frac{2\ m g\ (H_o - 2\ R) + 2\ q\ E\ (H_o - 2R)}{R} = mg + q\ E$$
$$2\ (H_o - 2\ R)\cancel{\left(mg + q\ E\right)} = \cancel{(mg + q\ E)} \cdot R$$
$$2\ H_o - 4R = R \therefore H_o = \frac{5\ R}{2}$$

Resposta: D

17.

$$Vp = \frac{K\ Q_1}{d} + \frac{K\ Q_2}{d} \quad (= -Q_1)$$

$Vp = 0\ V$



A geometria da soma vetorial gerou um triângulo equilátero. Portanto o valor do resultante é E

$$E_R = E = \frac{K\,Q}{d^2}$$

$$E_R = \frac{9\cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} \therefore E = 10^5 \text{ N/C}$$

Resposta: D

18.

$$\left.\begin{array}{lll} 0 < V_A - V_C & \therefore & V_C < V_A \\ V_A - V_C < V_B - V_C & \therefore & V_A < V_B \end{array}\right| \rightarrow V_C < V_A < V_B$$

Portanto, temos, alternativa C. No sentido da linha de campo, o potencial decresce.

Resposta: C

19.

$$\tau_{EXT} + \tau_{FE} = \Delta E_c^{\,0}$$

$$\tau_{EXT} + q(V_1^{\,0} - V_2) = 0$$

$$\tau_{EXT} = q\,V_2$$

$$\tau_{EXT} = q\,6\,\frac{K\,Q}{d}$$

$$\tau_{EXT} = \frac{10^{-3}\cdot 6\cdot 9^{\,3}\cdot 10^9 \cdot 2\cdot 10^{-5}}{3}$$

$$\tau_{EXT} = 360 \text{ J}$$

Resposta: C

20.

$V_A = 0$ V pois está na mesma equipotencial de B

$U_{BC} = E\,d \;\therefore\; V_B - V_C = E\,d$

$0 - V_C = 10\cdot 4 \;\therefore\; V_c = -40$ V

Resposta: D

21.

$$U = E\cdot d \;\therefore\; U = 2\cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} \;\therefore\; U = 10^3 \text{ V}$$

Resposta: A

22.

$$\tau_{EF}^{\,0} + \tau_P = E_{cf} - E_{ci}^{\,0} \;\therefore\; mg\,H = E_{cf}$$

Resposta: B

23.

$$mg + T = \frac{K\,Q^2}{h^2}$$

$$0{,}2\cdot 10 + 8 = \frac{K\,Q^2}{1^2} \therefore K\,Q^2 = 10$$

$$mgH + \frac{K\,Q^2}{H} = m\;g\;h + \frac{K\,Q^2}{h}$$

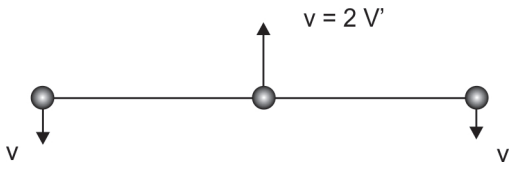
$$0{,}2\cdot 10\,H + \frac{10}{H} = 0{,}2\cdot 10\cdot 1 + \frac{10}{1}$$

$$2\,H^2 + 10 = 12\,H$$

$$H^2 - 6\,H + 5 = 0 \therefore H = 5 \text{ m}$$

Resposta: D

24. Na configuração de velocidade máxima temos:



$$3\frac{K\,q^2}{L} = \frac{K\,q^2}{2\,L} + 2\frac{K\,q^2}{L} + 2\,\frac{m\,v^2}{2} + \frac{m\,(2\,v)^2}{2}$$

$$\frac{K\,q^2}{2\,L} = 6\,\frac{m\,v^2}{2} \;\therefore\; v = \sqrt{\frac{K\,q^2}{6\,m}}$$

$$v' = 2\,v \;\therefore\; v' = 2\sqrt{\frac{K\,q^2}{6\,m\,L}} \;\therefore\; v = \sqrt{\frac{2\,K\,q^2}{3\,L}}$$

Resposta: B

25.

$$\frac{m\,v^2}{2} = m\,gh + q\,E\,R$$

$$m\,v^2 = 2\,R\,(mg + q\,E)$$

$$N - mg = q\,E = \frac{m\,v^2}{R}$$

$$N - mg - q\,E = 2\,mg + 2\,q\,E$$

$$N = 3\,mg + 3\,q\,E$$

$$N = 3\cdot 1\cdot 10 + 3\cdot 2\cdot 10 \;\therefore\; N = 90 \text{ N}$$

Resposta: D

26.

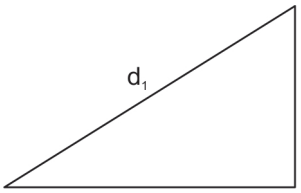
$U_{AB} = E \cdot d$

Onde **d** corresponde a distância entre as equipotenciais que os pontos pertencem a qual corresponde a metade da diagonal do quadrado. Logo:

$$U_{AB} = E\ \frac{\ell\sqrt{2}}{2}$$

Resposta: B

27.



$d_2 = 2$ cm

$d_1^2 = 4^2 + \left(2\sqrt{3}\right)^2$

$d_1 = \sqrt{30}$ cm

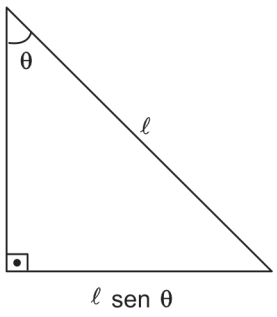
$$\frac{1}{2}\, m\, v^2 + 2\ \frac{K\, q^2}{d_1} = 2\ \frac{K\, q^2}{d_2}$$

$$\frac{1}{2}\, 9\cdot 10^{-31}\cdot v^2 + \frac{2\cdot 9\cdot 10^9\cdot(-1{,}6\cdot 10^{-19})^2}{\sqrt{30}\cdot 10^{-2}} = \frac{2\cdot 9\cdot 10^9\cdot(-1{,}6\cdot 10^{-19})^2}{2\cdot 10^{-2}}$$

$V \cong 160$ m/s

Resposta: A

28.



$\tau_p + \tau_{Fe} = E_{CB} - E_{CA}$

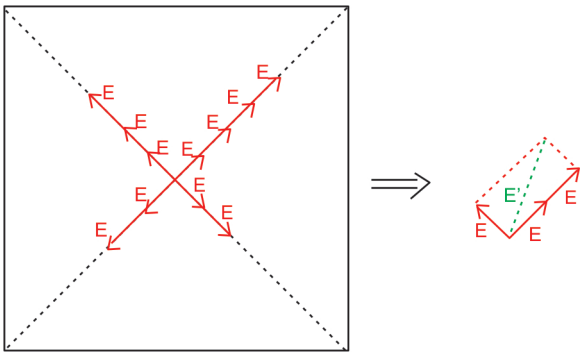
$0 + q\, U = E_{CB} - 0$

$qE\ (2\ell\ \text{sen}\ \theta) = E_{CB}$

Resposta: A

29.

I.



$$E = \frac{K\, q^2}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} \therefore E = 2\ \frac{K\, q^2}{a^2}$$

$$E'^2 = E^2 + (2\,E)^2 \therefore E' = E\sqrt{5}$$

$$E' = 2\sqrt{5}\ \frac{K\, q^2}{a^2}$$

II.

$$V = \frac{K\, q}{\frac{a\sqrt{2}}{2}}(2+2+3+4) \therefore v = \frac{22}{\sqrt{2}}\ \frac{K\, q}{a}$$

III.

$\tau_{Fe} + \tau_{EXT} = \cancel{\Delta E_C}^{\,0}$

Considerando que a partícula fique parada nos dois pontos

$Q\, U + \tau_{EXT} = 0 \ \ \therefore \ \ \tau_{EXT} = -\,Q\, U$

$\tau_{EXT} = -\,Q(\cancel{V_O}^{\,0} - V) \ \ \therefore \ \ \tau_{EXT} = Q\, V$

$$\tau_{EXT} = \frac{22}{\sqrt{2}}\ \frac{K\, q}{a}\ Q$$

Resposta: C

30.

$$T = \frac{K\ Q_A\ Q_B}{\ell^2}$$

$$T' = \frac{K\ Q_A\ Q_B}{\ell^2} = \frac{m\, v^2}{L}$$

$$\Rightarrow T' - T = \frac{m\, v^2}{L} \therefore 6 = \frac{m\, v^2}{L} \therefore 3\, L = \frac{m\, v^2}{2}$$

$$E_{mec} = E_c + E_p \therefore E_{mec} = \frac{m\, v^2}{2} + \frac{K\ Q_A\ Q_B}{\ell}$$

$E_{mec} = 3\, L + T\, \ell \therefore E_{mec} = 3\cdot 3\cdot 10^{-2} + 9\cdot 3\cdot 10^{-2}$

$E_{mec} = 0{,}36$ J

Resposta: D

DIGITADOR(A).: VICENTINA – **REVISOR.:** ALEXANDRE
OSG.: 047.710 - 161397/22